

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-025191
(43)Date of publication of application : 28.01.1992

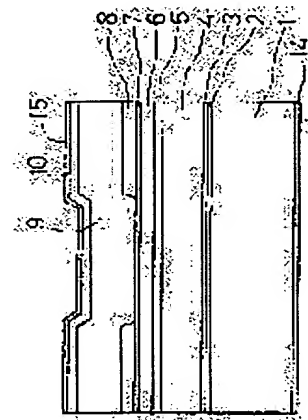
(51)Int.Cl. H01S 3/18

(21)Application number : 02-129915
(22)Date of filing : 18.05.1990
(71)Applicant : SHARP CORP
(72)Inventor : TSUNODA ATSUTAKE
TAKAHASHI KOUSEI
HOSODA MASAHIRO
SUYAMA NAOHIRO
MATSUI KANEKI

(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT**(57)Abstract:**

PURPOSE: To enable heat released in a double heterostructure to be efficiently dissipated by a method wherein an AlGaAs etching stop layer excellent in thermal conductivity and an AlGaAs layer with which a stripe groove is filled in are provided.

CONSTITUTION: A double hetero structure of AlGaInP crystal is formed on a GaAs substrate 1, an AlGaAs etching stop layer 7 is provided, and a GaAs light absorbing layer 8 is deposited. The GaAs light absorbing layer 8 is selectively etched to form a stripe groove which is not so deep as to reach to the AlGaAs etching stop layer 8. Furthermore, the GaAs layer near the surface of the GaAs etching stop layer 8 is evaporated in an MBE device to expose the surface of the AlGaAs layer etching stop layer 7 in the stripe groove, and an AlGaAs layer 9 is formed so that the stripe groove is filled in therewith. By this setup, a semiconductor laser device which is possessed of a structure excellent in heat dissipating property and able to continuously oscillate visible rays at a room temperature can be obtained.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑫ 公開特許公報(A) 平4-25191

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)1月28日

H 01 S 3/18

6940-4M

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 半導体レーザ素子の製造方法

⑰ 特 願 平2-129915

⑱ 出 願 平2(1990)5月18日

⑲ 発 明 者 角 田 篤 勇 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内⑲ 発 明 者 高 橋 向 星 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内⑲ 発 明 者 細 田 昌 宏 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内⑲ 発 明 者 須 山 尚 宏 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内

⑳ 出 願 人 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

㉑ 代 理 人 弁理士 山本 秀策
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

半導体レーザ素子の製造方法

2. 特許請求の範囲

1. GaAs基板上に、AlGaInP結晶か
らなるダブルヘテロ構造を形成する工程と、該ダブルヘテロ構造上に、AlGaAsエッチ
ングストップ層を形成する工程と、該AlGaAsエッチングストップ層上に、G
aAs光吸収層を形成する工程と、該GaAs光吸収層の一部を選択的にエッチ
ングすることにより、該AlGaAsエッチングス
トップ層に達しない深さを有するストライプ溝を
該GaAs光吸収層に形成する工程と、MBE装置内で、該GaAs光吸収層に対して
As分子線を照射しながら、該GaAs基板の温
度をGaAsが蒸発する温度以上に上昇させ、該
GaAs光吸収層の表面近傍のGaAs層を蒸発
させることにより、該ストライプ溝内に於いて該
AlGaAsエッチングストップ層の表面を露出

させる工程と、

該MBE装置内で、該ストライプ溝の中を埋め
込むようにして、該GaAs光吸収層上にAlG
aAs層を形成する工程と、

を有する半導体レーザ素子の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体レーザ素子の製造方法に関し、
特に、優れた温度特性を示し、室温でも可視光を
連続発振することができる半導体レーザ素子の製
造方法に関する。

(従来の技術)

近年、光情報処理システムの高機能化等を目的
として、短波長域で発振する半導体レーザ素子の
実現が要求されている。GaAs基板に格子整合する(Al_yGa_{1-y})
asIn_{0.5}P結晶(0≤y≤1)は、600nm
帯の波長を有する光を放射する可視光半導体レー
ザのための材料として注目されている。以下、本
明細書に於ては、特に断わらない限り、(Al_yG

$\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{AsP}$ ($0 \leq y \leq 1$) を AlGaInP と称する。

AlGaInP 結晶を GaAs 基板上に成長させる方法としては、有機金属気相成長法 (MOCVD 法) の他に、分子線エビタキシー法 (MBE 法) が期待されている。

MBE 法を用いて作成された AlGaInP 系可視光半導体レーザ素子が、室温で可視光を連続的に発振したことの報告がある (Hayakawa, et al., Journal of Crystal Growth 95 (1989) pp. 949)。

第 2 図に、MBE 法により作成された従来の AlGaInP 系可視光半導体レーザ素子の断面図を示す。

第 1 導電型 GaAs 基板 1 上に、第 1 導電型 GaAs バッファ層 2、第 1 導電型 GaInP バッファ層 3、第 1 導電型 AlGaInP クラッド層 4、 GaInP 活性層 5、第 2 導電型 AlGaInP 第 2 クラッド層 6、及び第 2 導電型 GaInP

P 層 20 が、この順番で基板 1 側から積層されている。

第 2 導電型 GaInP 層 20 上には、絶縁性窒化シリコン膜 21 が形成されており、窒化シリコン膜 21 には、第 2 導電型 GaInP 層 20 に達する幅 $10 \mu\text{m}$ のストライプ状溝が形成されている。

上記の積層構造の上面及び基板 1 の裏面には、電極 15、14 が形成されている。

第 2 図の半導体レーザ素子は、ストライプ状の溝を有する絶縁性窒化シリコン膜 21 が電流を挟持する利得導波形半導体レーザ素子である。

この半導体レーザ素子は、発振閾値 93 mA を示し、また、可視光を室温で連続的に発振することができる。

MBE 法により成長された AlGaInP 結晶を有する半導体レーザ素子は、第 2 図に示すように、利得導波型の半導体レーザ素子が多い。しかし、利得導波型半導体レーザ素子では、レーザ光の水平横モードが十分に制御されていない。従って、 AlGaInP 結晶を有する半導体レーザ素

-3-

子についても、レーザ光の水平横モードの安定化に優れた屈折率導波型半導体レーザ素子の開発が要求される。

第 3 図に、屈折率導波型半導体レーザ素子の従来例の断面図を示す。

第 1 導電型 GaAs 基板 1 上に、第 1 導電型 GaAs バッファ層 2、第 1 導電型 AlGaInP クラッド層 4、 GaInP 活性層 5、第 2 導電型 AlGaInP 第 2 クラッド層 6、第 2 導電型 GaAs 層 8、及び第 2 導電型 InGaAs 層 30 が、この順番で基板 1 側から積層されている。 GaInP 活性層 5、第 2 導電型 AlGaInP 第 2 クラッド層 6、第 2 導電型 GaAs 層 8、及び第 2 導電型 InGaAs 層 30 は、幅 $10 \mu\text{m}$ のリッジ形状にエッチングされており、リッジ部分が形成されている。リッジ部分の表面は、その上面を除いて、酸化シリコン層 31 に覆われている。この酸化シリコン層 31 の上面及び基板 1 の裏面には、電極 15、14 が形成されている。

リッジ部分の上面の酸化シリコン層 31 が形成

-4-

されていない領域を介して、両電極 15、14 間を電流が流れる。

第 3 図の半導体レーザ素子は、幅 $10 \mu\text{m}$ 程度の狭い活性層 5 を有しているので、単一水平横モードで発振することができる。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上述の従来技術においては、以下に述べる問題点があった。

第 3 図の半導体レーザ素子では、エッチングにより形成されたリッジ部分両側の空隙のため、活性層 5 内で発生した熱が効率よく放熱されないで、室温での連続発振は達成されていないという問題がある。

放熱性に優れた構造を有し、しかも、 GaAs 基板に格子整合した AlGaInP 結晶からなるダブルヘテロ構造を備えた半導体レーザ素子を製造するためには、 AlGaInP 結晶層上に、比較的熱伝導率が大きく、放熱性に優れた材料である AlGaAs 結晶層 (熱伝導率、 $0.11 \sim 1.1 \text{ W/cm} \cdot \text{deg}$) を、MBE 法により形成することが

-5-

-6-

できればよい。

しかし、GaAs基板に格子整合するAlGaInP結晶層からなるダブルヘテロ構造上に、AlGaAs結晶層を、MBE法により形成する場合、AlGaInP結晶層の表面が不純物により汚染されると、そのAlGaInP結晶層上に、結晶性の優れたAlGaAs結晶層を成長させることができないという問題がある。

このような汚染は、AlGaInPからなるダブルヘテロ構造上に、ストライプ溝を有する層を有する型の屈折率導波型半導体レーザ素子を形成するときに生じやすい。ストライプ溝を形成するためには、MBE装置外に基板を取り出し、エッチング工程など工程を行う必要があるからである。

また、この汚染は、AlGaInP結晶層とAlGaAs結晶層とを、MBE装置内で連続的に成長させる場合に於て、AlGaInP結晶層の成長終了後に、In及びPの分子線照射からAsの分子線照射へ切り替えるときにも生じる。

これは、上述の一時的な結晶成長の停止後数秒

の内に、MBE装置内雰囲気中の酸素、水蒸気等の不純物が、成長の停止した結晶層表面を汚染するからである。

また、MBE法によりAlGaAs層をダブルヘテロ構造上に形成する場合、基板温度を620℃程度に上昇させる必要がある。この温度では、しかし、ダブルヘテロ構造を構成するAlGaInP層が露出している場合、その表面からIn又はPの蒸発が盛んに生じるために、その表面が劣化してしまうという問題がある。このような表面の劣化が生じたAlGaInP結晶層上に、AlGaAs結晶層を成長させると、結晶性に優れたAlGaAs結晶層を得ることはできない。

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、熱の放散に優れた構造を有し、室温で可視光を連続発振することができる半導体レーザ素子の製造方法を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明の半導体レーザ素子の製造方法は、Ga

-7-

As基板上に、AlGaInP結晶からなるダブルヘテロ構造を形成する工程と、該ダブルヘテロ構造上に、AlGaAsエッチングストップ層を形成する工程と、該AlGaAsエッチングストップ層上に、GaAs光吸収層を形成する工程と、該GaAs光吸収層の一部を選択的にエッチングすることにより、該AlGaAsエッチングストップ層に達しない深さを有するストライプ溝を該GaAs光吸収層に形成する工程と、MBE装置内で、該GaAs光吸収層に対してAs分子線を照射しながら、該GaAs基板の温度をGaAsが蒸発する温度以上に上昇させ、該GaAs光吸収層の表面近傍のGaAs層を蒸発させることにより、該ストライプ溝内に於いて該AlGaAsエッチングストップ層の表面を露出させる工程と、該MBE装置内で、該ストライプ溝の中を埋め込むようにして、該GaAs光吸収層上にAlGaAs層を形成する工程とを有しており、そのことにより、上記目的が達成される。

(実施例)

-8-

以下に本発明を実施例について説明する。

第1図は、本実施例の半導体レーザ素子の製造方法を示す断面図である。本実施例の方法により作製される半導体レーザ素子に於いては、第1図(d)に示すように、第1導電型GaAs基板1上に、第1導電型GaAsバッファ層2、第1導電型GaInPバッファ層3、第1導電型AlGaInP第1クラッド層4、GaInP活性層5、第2導電型AlGaInP第2クラッド層6、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7、及びGaAs光吸収層8が、この順番で基板1側から積層されている。

GaAs光吸収層8には、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7に達するストライプ溝(幅、5μm)が形成されている。

該ストライプ溝を埋め込むようにして、第2導電型Al_{0.6}Ga_{0.4}As再成長クラッド層9が、GaAs層8及びAl_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7上に形成されている。Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7及びAl_{0.6}Ga_{0.4}As

-9-

-10-

As再成長クラッド層9のAl混晶比は、活性層5で発生した光を活性層5内に閉じ込めるために必要な充分低い屈折率を呈するように設計されている。

第2導電型Al_{0.6}Ga_{0.4}As再成長クラッド層9上には、第2導電型GaAsキャップ層10が形成されている。第2導電型GaAsキャップ層10の上面及び基板1の裏面の各々には、電極15、14が形成されている。

次に、第1図(a)～(d)を参照しながら、上記半導体レーザ素子の製造方法を説明する。

まず、第1図(a)に示すように、第1導電型GaAs基板1上に、第1導電型GaAsバッファ層2、第1導電型GaInPバッファ層3、第1導電型AlGaInP第1クラッド層4、GaInP活性層5、第2導電型AlGaInP第2クラッド層6、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7、及びGaAs光吸収層8を、この順番で基板1側から、MBE法により成長させた。この成長時の基板温度は、約510℃から約57

0℃の範囲(ただし、GaAs層については、約700℃)となるようにした。なお、成長層の清浄性を保つために、上記各層を成長させる工程中に於いて、基板1をMBE装置の外部に取り出すことはしなかった。

ここで、第2導電型AlGaInP第2クラッド層6と第2導電型Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7との合計の層厚は、活性層5で発生する光がGaAs光吸収層8にまで漏れ出すように、2500Å程度とした。

この後、一度、基板1をMBE装置外に取り出した後、GaAs光吸収層8の一部を、フォトリソマスク13を用いて選択的にエッチングすることにより、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7に達しないようにして、ストライプ溝を形成した(第1図(b))。ストライプ溝の底面とAl_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7の上面との間には、1000Å程度の厚さを有するGaAs層を残した。

この後、再び、基板1をMBE装置内に導入し

-11-

た。

次に、MBE装置内で、上面がGaAs層に覆われている基板1に対して、充分な量のAs分子線を照射しながら、基板温度を720℃に上昇させ、その状態を数分間維持するという工程を行った。

この工程によって、GaAs層は、その表面から蒸発し始め、ストライプ溝底部に残っていたGaAs層は除去されるに至った。こうして、ストライプ溝の底部に於いては、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7の表面が露出した。(第1図(c))。

このAl_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7は、720℃程度に於いても、組成元素の蒸発が顕著に生じない熱的に安定な材料からなる層である。このAl_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7の存在のため、720℃程度で通常盛んに生じるはずの第2導電型AlGaInP第2クラッド層6からのIn又はPの蒸発が防止された。

上述のように、ストライプ溝形成時に、スト

-12-

ライプ溝底部にGaAs層を残すことによって、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7の表面を大気中に於いて露出させることなく、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7の表面の大気による汚染を防ぐことができた。

また、大気に接することによって汚染したGaAs層の表面は、上記のMBE装置内で行った工程により、GaAs層の表面近傍層を蒸発させることによって、清浄化することができた。

さらに、Al_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7がなければ、580℃程度以上に於いて顕著となる第2導電型AlGaInP第2クラッド層6のIn又はPの蒸発による劣化を防止することができた。

上記工程に引き続いて、基板温度を620℃程度として、第2導電型Al_{0.6}Ga_{0.4}As再成長クラッド層9、及び第2導電型GaAsキャップ層10をこの順番で基板1側から、GaAs光吸収層8及びAl_{0.6}Ga_{0.4}Asエッチングストップ層7上にMBE法により成長させる工程を行っ

-13-

-14-

た。

この $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 再成長クラッド層 9 については、その Al 混晶比を調節することにより、活性層 5 で発生した光のエネルギー値よりも大きなバンドギャップエネルギー値を有するように設計した。こうすることにより、活性層 5 内で発生する光をダブルヘテロ構造内に十分に閉じ込めることが可能となる。

ストライプ溝の両側に位置する GaAs 層 8 はバンドギャップエネルギーが活性層 5 で発生する光のエネルギーよりも小さく、活性層 5 で発生した光を吸収しやすい。しかし、 $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 再成長クラッド層 9 は、上述のように、活性層 5 で発生した光をダブルヘテロ構造内に閉じ込めるために必要な充分大きなバンドギャップを有するように設計されている。このため、ダブルヘテロ構造上方に設けられたストライプ溝の内外に於て、実効的な屈折率差が生じ、レーザ光の水平横モードが単一化されることになる。

このようにして形成した積層構造の上面及び基

板 1 の裏面に、電極 15、14 を形成することにより、第 1 図 (d) に示す利得導波型の半導体レーザ素子を作成した。

本実施例の方法により作製された半導体レーザ素子は、 AlGaInP からなるダブルヘテロ構造を有しており、670nm の波長光を室温で連続して発振することができた。これは、表面が汚染されていないエッチングストップ層の上に、結晶性の優れた AlGaAs 層が形成されているため、光吸収損失が少なく、発振閾値が低減されたことによる。また、この半導体レーザ素子は、比較的熱伝導性に優れた $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ エッチングストップ層 7 及び第 2 導電型 $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 再成長クラッド層 9 を有しているため、活性層 5 で発生した熱が効率的に半導体レーザ素子外へ放散された。このため、第 3 図の半導体レーザ素子の温度特性よりも、優れた温度特性を得ることができた。

この半導体レーザ素子は、素子内部にストライプ溝を有する屈折率導波型であるので、発振する

-15-

レーザ光の水平横モードは、単一化されたものであった。

本実施例の製造方法によれば、ストライプ溝形成時に、 AlGaAs エッチングストップ層 7 上に GaAs 層を残したため、 AlGaAs エッチングストップ層 7 の表面が大気により汚染されることを防ぐことができた。

また、MBE 装置内で、 AlGaAs 層 9 を成長させる際に、 GaAs 層の表面層を蒸発させることにより、成長層を形成する下地結晶層の表面を清浄化することができた。しかも、 GaAs を蒸発させる温度に於いても、 AlGaInP 第 2 クラッド層 6 上に、熱的に安定な AlGaAs エッチングストップ層 7 を設けていたため、 AlGaInP 第 2 クラッド層 6 の蒸発による劣化が防がれた。こうして、ストライプ溝を埋め込む AlGaAs 層 9 を、結晶性の優れた状態で、 AlGaInP 層からなるダブルヘテロ構造上方に形成することができた。

なお、上記半導体レーザ素子について、ダブル

-16-

ヘテロ構造は、第 1 導電型 AlGaInP 第 1 クラッド層 4、 GaInP 活性層 5、及び第 2 導電型 AlGaInP 第 2 クラッド層 6 からなるものとしたが、他の組成の AlGaInP 系半導体層からなる構造であってもよい。例えば、第 1 及び第 2 クラッド層 4、6 として、 AlInP 三元混晶からなる層を用いてもよい。また、活性層 5 として、 AlGaInP 四元混晶からなる層を用いてもよい。また、活性層 5 として、量子井戸構造や超格子構造を有する層を用いてもよい。また、クラッド層と活性層 5 の間に利得や吸収損失の少ないガイドを設けることによって、SCH 構造を形成してもよい。

(発明の効果)

このように、本発明の方法により製造された半導体レーザ素子は、熱伝導性に比較的優れた AlGaAs エッチングストップ層と、ストライプ溝を埋め込む AlGaAs 層とを有しているため、ダブルヘテロ構造内で発生した熱を効率的に半導体レーザ素子外に放散することができる。このた

-17-

-18-

め、本発明の半導体レーザ素子は、優れた温度特性を示し、室温でも、可視光を連続発振することができる。

また、本発明の方法によれば、ストライプ溝形成時に、 AlGaAs エッチングストップ層上に GaAs 層を残すため、 AlGaAs エッチングストップ層の表面が大気により汚染されることがない。また、MBE装置内で、 AlGaAs 層を成長させる際に、該 GaAs 層を蒸発させることにより、基板上面を清浄化することができる。しかも、該 GaAs を蒸発させる温度に於いても、 AlGaInP 第2クラッド層上に、熱的に安定な AlGaAs エッチングストップ層が存在するため、製造工程中に AlGaInP 層から In 及び P が蒸発してしまうことを防止し、 AlGaInP 第2クラッド層の劣化が防がれる。こうして、結晶性に優れた AlGaAs 層を形成することができる。

従って、本発明の方法によれば、屈折率導波型で、優れた温度特性を有する発振閾値の低い半導

体レーザ素子を提供することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図(a')～(d)は本発明の実施例を示す断面図、第2図は従来例を示す断面図、第3図は他の従来例を示す断面図である。

1…第1導電型 GaAs 基板、2…第1導電型 GaAs バッファ層、3…第1導電型 GaInP バッファ層、4…第1導電型 AlGaInP 第1クラッド層、5… GaInP 活性層、6…第2導電型 AlGaInP 第2クラッド層、7… $\text{Ala}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ エッチングストップ層、8… GaAs 光吸収層、9…第2導電型 $\text{Ala}_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 再成長クラッド層、10…第2導電型 GaAs キャップ層、13…フォトリソマスク、14、15…電極、20…第2導電型 GaInP 層、21…絶縁性窒化シリコン層、30…第2導電型 InGaAs 層、31…酸化シリコン層。

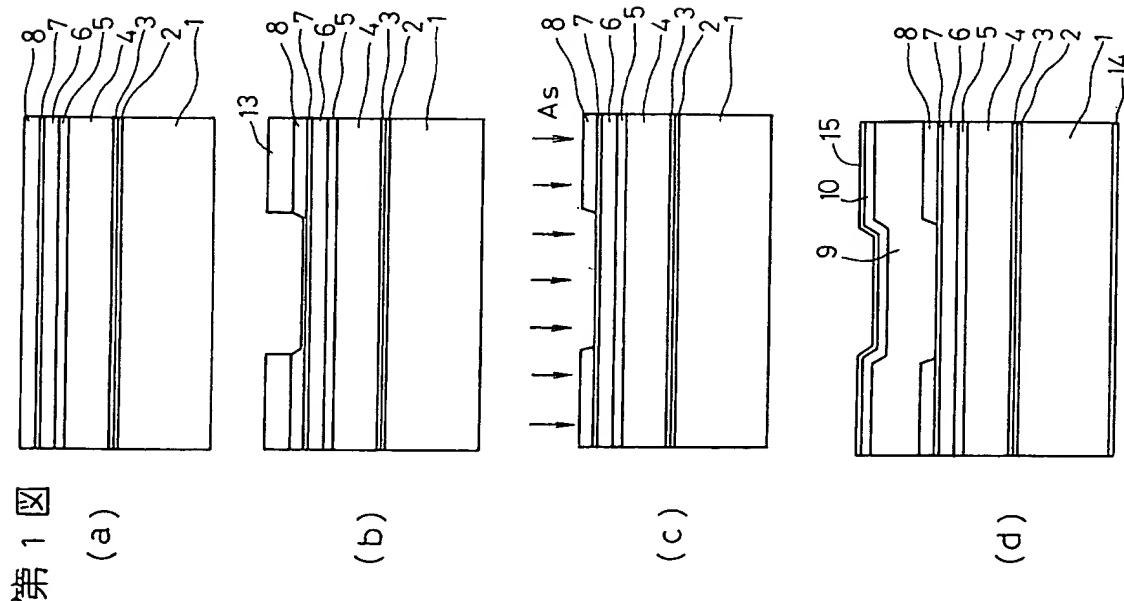
以上

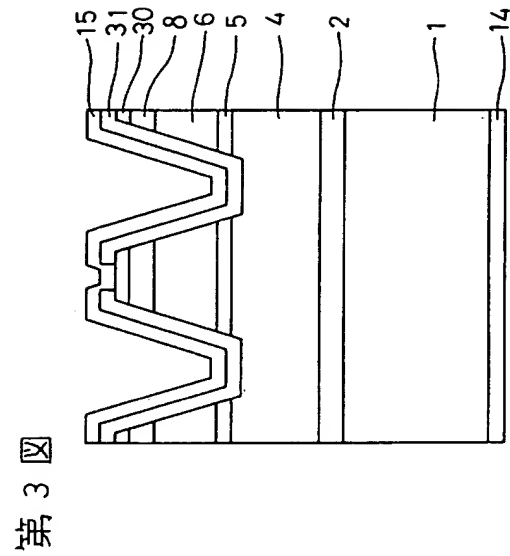
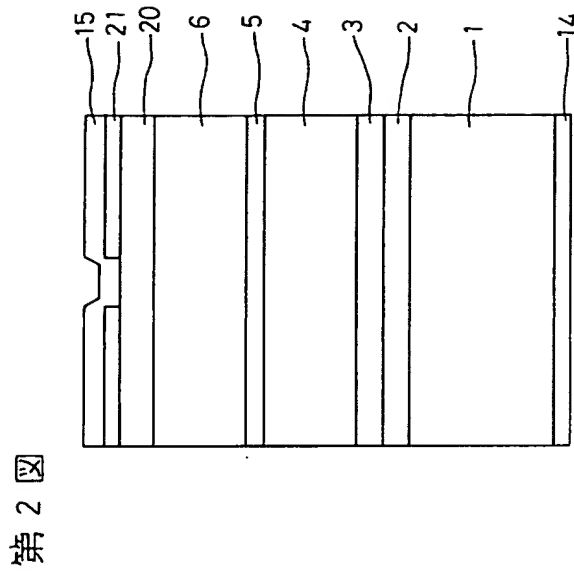
出願人 シャープ株式会社

代理人 弁理士 山本秀策

-19-

-20-





第1頁の続き

②発 明 者 松 井 完 益 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内